

## УТВЕРЖДАЮ

Врио Генерального директора ФГУП НИИР, к.т.н.

М.Ю. Сподобаев



\_\_\_\_\_ 2016 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Научно-исследовательский институт радио»

на диссертацию Головкина Ильи Владимировича на тему: «Разработка и исследование сигнально-кодовых конструкций на основе турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов для систем коротковолновой связи», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

### 1. Актуальность темы

Несмотря на сравнительно давний срок начала использования радиосвязи в ВЧ диапазоне, она по-прежнему остается востребованной для организации связи с удалёнными районами, где недоступны иные способы связи или для связи с районами, где повреждена инфраструктура вследствие стихийных бедствий. Организация надежной передачи информации в радиоприемах ВЧ диапазона осложняется наличием эффектов многолучевого распространения сигналов, нестационарностью ионосферных каналов распространения сигналов вследствие движения отражающих слоев и вариаций электрических свойств ионосферы, а также дефицитом частотного ресурса этого диапазона и наличием помех естественного и промышленного происхождения. В диссертационной работе Головкина И.В. рассматривается комплекс проблем, связанных с разработкой методов помехоустойчивой передачи дискретных сообщений по каналам коротковолновой связи с многолучевостью распространения радиосигналов, обуславливающей наряду с аддитивными помехами естественного и промышленного происхождения наличие мультипликативных помех (частотно-неселективные (дружные) и

Вход № 70/16  
«08» 09 2016 г.  
подпись



частотно-селективные замирания сигналов), а также нестационарность канала вследствие динамического поведения условий распространения сигналов в зависимости от времени суток и от состояния ионосферы. Также необходимо отметить, что современное развитие теории корректирующих кодов и теории сигналов происходит в части повышения их помехоустойчивости и разработки производительных процедур приема. Интерес к данным методам передачи усилился в связи с открытием класса кодов под общим названием “турбо-коды”, при использовании которых достигаются практически предельные вероятностно-энергетические характеристики для пропускной способности канала. Это дает основание считать данные коды одними из наиболее перспективных для применения в системах передачи информации различного назначения. Поэтому диссертационная работа Головкина И.В., посвященная разработке сигнально-кодовых конструкций на основе помехоустойчивых кодов из класса турбо-кодов, эффективных для организации передачи информации по многолучевым каналам связи ВЧ-диапазона соответствует прогрессу в области радиосвязи, является своевременной, а выбранная тема посвящена решению актуальной научной задачи. Предложения автора по новым перспективным алгоритмам приема и обработки сигнально-кодовых конструкций на основе предложенных турбо-подобных кодов и M-ичных сигналов, представленные в данной диссертационной работе, представляют собой несомненный научно-технический и практический интерес.

## **2. Содержание диссертационной работы**

Диссертация включает введение, пять глав, заключение и список литературы. Все материалы оформлены в соответствии с предъявляемыми требованиями, содержат необходимое количество рисунков, таблиц и математических формул. Автореферат достаточно полно отражает содержание работы.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, рассмотрено состояние изучаемых вопросов, сформулированы цель и задачи, используемые методы исследований, научная новизна, теоретическое и практическое значение полученных результатов, выносимые на защиту положения. Приводятся сведения о содержании работы, ее апробации и публикациях соискателя.

**В первой главе** приведены результаты теории передачи дискретных сообщений, рассмотрен ряд моделей каналов передачи, включая модели коротковолнового диапазона. Приведены требования, предъявляемые к



сигнально-кодовым конструкциям для систем передачи дискретных сообщений коротковолнового диапазона.

**Вторая глава** посвящена рассмотрению эффективных схем помехоустойчивого кодирования (турбо-коды на основе параллельного каскадирования сверточных кодов, блочные турбо-коды, низкоплотные коды). Применение данных кодов в сочетании с алгоритмами их итеративного посимвольного приема обеспечивает достижение вероятностно-энергетических характеристик, близких к предельным характеристикам пропускной способности каналов передачи. Приведено описание разработанной схемы помехоустойчивого кодирования из рассматриваемого класса, основанная на использовании последовательного каскадирования блочных кодов на основе функций Уолша (симплексные коды, биортогональные коды, ортогональные коды) и сверточного кода с минимальным возможным числом состояний решетки 2. Данная схема характеризуется пониженной сложностью алгоритмов итеративного приема по отношению к алгоритмам итеративного приема известных турбо-кодов при практически тождественных вероятностных характеристиках приема.

**Третья глава** содержит описание дискретных частотных сигналов. Приведено описание алгоритма квазикогерентного приема данных сигналов в канале с многолучевым распространением. Приведены результаты имитационного моделирования.

**В четвертой главе** приведено описание методики оценки вероятностных характеристик при некогерентном приеме рассматриваемых сигнально-кодовых конструкций на основе турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов с использованием модели канала передачи коротковолнового диапазона. Приведены также результаты исследования сходимости итеративных алгоритмов приема рассматриваемых сигнально-кодовых.

**Пятая глава содержит** описание реализованного устройства формирования и приема рассматриваемых сигнально-кодовых конструкций на основе турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов. Приведено описание реализованного устройства формирования и некогерентного приема сигнально-кодовых конструкций с использованием турбо-подобных кодов и ансамбля ортогональных сигналов. Глава содержит результаты натурного эксперимента по апробации разработанного алгоритма квазикогерентного приема сигнальных конструкций.

**В заключении** излагаются итоги теоретических и практических исследований соискателя. Показана эффективность предложенных алгоритмов квазикогерентного приема сигналов и обработки сигнально-



кодовых конструкций на основе предложенных турбо-подобных кодов и М-ичных сигналов по сравнению с существующими методами.

Список литературы включает 153 наименование и содержит основные современные публикации по теме диссертации, использованные для корректных ссылок в тексте работы.

### **3. Научная новизна и теоретическая ценность**

Наиболее существенными и имеющими теоретическую ценность являются следующие новые научные результаты диссертации Головкина И.В.

1. Разработанная схема формирования турбо-подобных кодов с использованием простых составляющих кодов на основе функций Уолша (симплексные коды, биортогональные коды, ортогональные коды), а также сигнально-кодовые конструкции с использованием данных кодов в сочетании с дискретными частотными сигналами. Эти сигнальные конструкции перспективны для использования в ряде систем передачи дискретных сообщений, включая системы передачи по коротковолновым каналам.

2. Разработанные алгоритмы итеративного посимвольного приема (когерентного и некогерентного) сигнально-кодовых конструкций на основе предложенных турбо-подобных кодов и М-ичных сигналов, включая дискретные частотные сигналы. Алгоритмы характеризуются низкой сложностью реализации по отношению к алгоритмам итеративного приема известных турбо-кодов при практически эквивалентных вероятностно-энергетических характеристиках приема.

3. Разработанный алгоритм квазикогерентного приема дискретных частотных сигналов в канале с многолучевым распространением;

4. Программно-аппаратная реализация устройства формирования и приема сигнальных конструкций на основе турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов и устройства формирования и некогерентного приема сигнальной конструкции на основе турбо-подобных кодов и ансамблей ортогональных сигналов.

### **4. Практическая ценность**

Основными ценными для практики результатами работы являются следующие.

1. Программно-аппаратная реализация устройства формирования и приема сигнальных конструкций на основе турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов.



2. Программно-аппаратная реализация устройства формирования и некогерентного приема сигнальной конструкции на основе турбо-подобных кодов и ансамблей ортогональных сигналов.

3. Разработанная методика оценки вероятностных характеристик сигнальных конструкций с использованием турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов для модели коротковолнового канала передачи.

Практическая значимость диссертационной работы также подтверждается полученными в ходе работы над ней тремя патентами и тремя свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ и внедрением её результатов в ОКР «Цифирь» и «Москвичка-МЦОС».

### **5. Рекомендации по практическому использованию результатов работы**

Результаты диссертации и приведенные в ней выводы рекомендуется использовать:

- при разработке аппаратуры для приема и обработки сигнальных конструкций на основе турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов в системах радиосвязи ВЧ-диапазона;

- в организациях, занимающихся разработкой новых перспективных технологий радиосвязи в ВЧ-диапазоне (Software Defined Radio – SDR) предоставляющих возможность прослушивания и записи радиосигналов перед установлением радиосвязи.

### **6. Замечания по диссертации**

По содержанию диссертации можно сделать следующие основные замечания:

1. Не рассмотрены различные способы комбинирования лучей при квазикогерентном приеме дискретных частотных сигналов в многолучевом канале.

2. На рисунках в ряде случаев используются подписи на английском языке.

3. Отсутствуют рекомендации по дальнейшему направлению исследований.

4. В описании реализованных устройств не приведены сведения по требуемым аппаратным ресурсам.

Однако указанные недостатки являются не существенными, имеют частный характер и в целом не влияют на положительную оценку проделанной автором работы по данной теме.



## 7. Заключение

Полученные Головкиным И.В. результаты достаточно полно опубликованы в шестнадцати рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень изданий рекомендованный ВАК для публикации основных результатов докторских и кандидатских диссертаций.

Результаты диссертационной работы неоднократно докладывались и обсуждались на всероссийских и международных научно-технических конференциях, проводимых различными организациями.

Диссертационная работа написана грамотно, стиль изложения доказательный. Результаты исследований изложены в логической последовательности, отличаются хорошей математической иллюстрацией, целостностью и законченностью. Текст диссертационной работы достаточно полно отражает сущность проведенных исследований и содержит ссылки на заимствованные результаты.

Все теоретические и экспериментальные исследования, изложенные в диссертации, выполнены соискателем самостоятельно и подтверждаются использованием апробированных средств и методов разработки сигнальных конструкций на основе турбо-подобных кодов и дискретных частотных сигналов, статистической радиотехники, корректностью принятых допущений и ограничений, адекватностью применяемых математических моделей и исходных данных, непротиворечивостью полученных результатов, а также согласованностью с результатами проведенных ранее исследований.

Автореферат диссертации в основном отражает содержание диссертационной работы. В нем изложены результаты, выносимые на защиту, отражены основные положения, научная и практическая значимость диссертационной работы. Приведен список публикаций по теме диссертационной работы.

Тема и содержание данной диссертационной работы соответствуют паспорту научной специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

В связи с выше изложенным, считаем, что диссертация Головкина И.В. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу и по своему содержанию и научно-теоретическому уровню соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. с изменениями, внесенными Постановлением Правительства Российской Федерации № 335 от 21.04.2016 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, в части решения задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний. Автор диссертации, Головкин Илья



Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании секции научно-технического совета Научно-технического Центра анализа электромагнитной совместимости ФГУП НИИР (протокол № 9 от 7 сентября 2016 г.).

Отзыв подготовили:

Лемешко Николай Васильевич, доктор технических наук, 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», главный научный сотрудник НТЦ анализа ЭМС, Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт радио» (ФГУП НИИР), Россия, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 16, тел.: +7 (495) 647-17-74, e-mail: lemeshko@niir.ru

Симонов Михаил Михайлович, кандидат технических наук, 05.12.02 – «Теория связи, системы и устройства передачи информации по канала связи», ведущий научный сотрудник НТЦ анализа ЭМС, Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт радио» (ФГУП НИИР), Россия, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 16, тел.: +7 (495) 647-18-33, e-mail: mms@niir.ru

Старченко Сергей Иванович, кандидат технических наук, 20.02.25 – «Вооружение и военная техника ВВС», доцент по кафедре радиотехнических систем посадки, начальник лаборатории НТЦ анализа ЭМС, Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт радио» (ФГУП НИИР), Россия, 105064, г. Москва, ул. Казакова, 16, тел.: +7 (495) 647-17-72, e-mail: ssi@niir.ru.

Д.Т.Н.

Н.В. Лемешко

К.Т.Н.

М.М. Симонов

К.Т.Н., доцент

С.И. Старченко

Подписи Н.В. Лемешко, М.М. Симонова и С.И. Старченко заверяю.

Начальник отдела кадров ФГУП НИИР



Е.П. Буянова

Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт радио»

Адрес: 105064, Москва, ул. Казакова, д. 16

Телефон: (499) 261 36 94 (для справок: (499) 261 63 70)

E-mail: [info@niir.ru](mailto:info@niir.ru)